

**(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG**

**(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum**  
Internationales Büro



**(43) Internationales Veröffentlichungsdatum**  
**1. April 2004 (01.04.2004)**

**PCT**

**(10) Internationale Veröffentlichungsnummer**  
**WO 2004/027947 A1**

**(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H01S 3/0941**

**(21) Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2003/010056

**(22) Internationales Anmeldedatum:**  
10. September 2003 (10.09.2003)

**(25) Einreichungssprache:** Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

**(30) Angaben zur Priorität:**  
102 41 986.8      11. September 2002 (11.09.2002)      DE

**(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): TUI LASER AG [DE/DE]; Industriestrasse 15, 82110 Germering (DE).**

**(72) Erfinder; und**

**(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GEIGER, Stephan**

[DE/DE]; Dorfstr. 53, 85241 Prittlbach (DE). **PASTER, Martin** [DE/DE]; Aiblinger Anger 14, 85560 Ebersberg (DE). **FREER, Siegfried** [DE/DE]; Lohengrinstrasse 52, 82110 Germering (DE).

**(74) Anwalt: RÖSLER, Uwe; Landsberger Strasse 480a, 81241 München (DE).**

**(81) Bestimmungsstaaten (*national*):** CA, JP, US.

**(84) Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

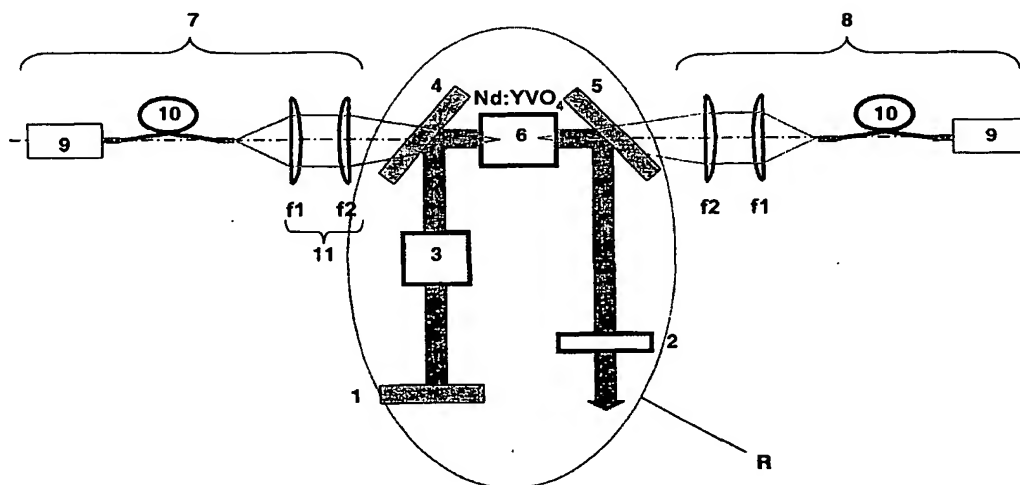
**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: MULTIMODE SOLID LASER PUMPED LONGITUDINALLY BY DIODES

**(54) Bezeichnung:** LONGITUDINAL VON DIODEN GERUMPTER MULTIMODE FESTKÖRPERLASER



**(57) Abstract:** The invention relates to a diode-pumped solid laser comprising at least one laser crystal arranged inside a cavity and having at least one optical axis along which at least one pumping light beam emitted by at least one pumping light source falls into the laser crystal. The invention is characterised in that the pumping light beam has a diameter which corresponds to at least 1.25 times the cross-section of a laser beam forming inside the resonator and having the vibration mode TEM.

**(57) Zusammenfassung:** Beschrieben wird ein diodengepumpter Festkörperlaser mit wenigstens einem intrakavitär angeordneten Laserkristall der wenigstens eine optische Achse aufweist, längs der wenigstens ein von wenigstens einer Pumplichtquelle emittierter Pumplichtstrahl in den Laserkristall einfällt. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass der Pumplichtstrahl einen Strahldurchmesser aufweist, der wenigstens dem 1,25-fachen des Strahlquerschnitts eines sich innerhalb des Resonators ausbildenden Laserstrahls mit der Schwingungsmodem TEM<sub>00</sub> entspricht.

**WO 2004/027947 A1**

## LONGITUDINAL VON DIODEN GEPUMPTER MULTIMODE FESTKÖRPERLASER

**Technisches Gebiet**

Die Erfindung bezieht sich auf einen diodengepumpten Festkörperlaser mit wenigstens einem intrakavitär angeordneten Laserkristall der wenigstens eine optische Achse aufweist, längs der wenigstens ein von wenigstens einer Pumplichtquelle emittierter Pumplichtstrahl in den Laserkristall einfällt.

**Stand der Technik**

Diodengepumpte Festkörperlaser stellen leistungsstarke, kompakte Lichtquellen dar, die durch die fortschreitende Entwicklung von Laserdioden als Pumplichtquellen beachtlich an Bedeutung gewonnen haben. So sind mittlerweile Laserdioden bzw. zeilen- oder arrayförmig angeordnete Laserdiodenanordnungen, sogenannte Laserdioden-Bars erhältlich, die über Pumplichtleistungen von 10 W und mehr verfügen. Darüber hinaus weisen diese Pumplichtquellen Emissionswellenlängenspektren auf, die im Bereich der optischen Absorptionsbanden für Festkörperlaser geeignete Laserkristalle liegen, wodurch eine höchst effiziente optische Anregung der Laserkristalle erzielbar ist.

Mit Hilfe derartiger, leistungsstarker Laserdioden eröffnet sich ein weites Feld für die Optimierung derartiger optisch gepumpter Festkörperlaser-Systeme. Jedoch treten mit zunehmenden Pumplichtleistungen innerhalb optisch gepumpter Laserkristalle Erscheinungen auf, die eine beliebige Steigerung der von dem Festkörperlaser-System emittierten Lichtleistung begrenzen.

So führt bisweilen eine hohe Pumplichtleistung zu starker Pumplichtabsorption innerhalb des Laserkristalls, die zugleich auch ein beträchtlicher Wärmeeintrag in den Kristall darstellt. Da das optische Brechkraftverhalten des Laserkristalls in

Abhängigkeit der Kristallart mehr oder weniger von der Temperatur abhängig ist, bildet sich innerhalb des Laserkristalls entsprechend eine thermisch bedingte Linsenwirkung aus, die sich zunächst nachteilhaft auf die sich innerhalb des Laserkristalls ausbildende Strahlqualität auswirkt. Gepaart mit einer sich zudem einstellenden Doppelbrechung, die mit depolarisierenden Effekten verbunden ist, wird die Strahlleistung und Strahlqualität weiter stark beeinträchtigt.

Zudem können im Bestreben der ausschließlichen optischen Anregung des TEM<sub>00</sub>-Mode lokale Hot-Spots innerhalb des Laserkristalls auftreten, die zumeist zu dessen Zerstörung führen. So gilt es für eine mono-modige optische Anregung des TEM<sub>00</sub>-Modes das Pumplicht auf einen Brennfleck innerhalb des Laserkristalls zu fokussieren, der möglichst gut an die sich intrakavitär ausbildende Schwingungsmode anzupassen ist. Somit ist verständlich, dass gegenüber thermischen Überhitzungen sensible Laserkristalle, wie beispielsweise YLF, einer gewünschten Leistungssteigerung unter Verwendung leistungstarke Pumplichtquellen Grenzen gesetzt sind.

Ein besonders geeigneter Laserkristall, der eine für die beabsichtigten leistungssteigernden Maßnahmen optische Robustheit aufweist, stellt Nd:YVO<sub>4</sub> (Nd: Vanadat) dar. Jedoch zeigt dieser Kristall mit zunehmender Pumplichtleistung und einer damit verbundenen Erwärmung des Laserkristalls eine sich zunehmend stark ausbildende optische Linsenwirkung, die bezogen auf den intrakavitären Strahlverlauf zwar durch cleveres Resonatordesign ausgeglichen werden kann, doch verbleibt dennoch die durch die Linsenwirkung hervorgerufene optische Aberration, durch die die Leistungsperformance des Festkörperlasers nachhaltig beeinträchtigt wird.

In der US 6,185,235 B1 ist ein leistungsoptimierter diodengepumpter Festkörperlaser mit wenigstens einem intrakavitären Neodym-Vanadat-Laserkristall beschrieben, der unter Maßgabe der Erzeugung eines leistungsstarken Laserstrahls mit einem

ausschließlichen TEM<sub>00</sub>-Strahlprofil konzipiert worden ist. Hierbei gilt es, den Laserkristall mit einer nur geringen Nd-Dotierung zu versehen und dafür Sorge zu tragen, dass das Pumplicht-absorbierende Laserkristallvolumen möglichst groß gewählt wird, d.h. der longitudinal gepumpte Laserkristall verfügt über eine bestimmte Mindestlänge.

Allen bisher bekannten Bestrebungen, longitudinal diodengepumpte Festkörperlaser in ihrer Leistungseffizienz zu optimieren, konzentrieren sich auf das erklärte Ziel, hohe Lichtleistung und zugleich eine hohe Strahlqualität, d.h. die sich intrakavitär ausbildende Schwingungsmode beschränkt sich auf den TEM<sub>00</sub>-Mode, zu erzielen. So werden typischerweise bei longitudinal diodengepumpten Lasersystemen ausschließlich Strahlqualitäten mit  $M^2 \leq 1,2$  realisiert.

Der für diese hochleistungsdiodengepumpten Festkörperlaser erforderliche technische Aufwand schlägt sich jedoch nicht zuletzt auch im Preis für derartige Lasersysteme nieder.

Diodengepumpte Festkörperlaser eignen sich grundsätzlich für eine Vielzahl unterschiedliche technische Anwendungsgebiete. Bevorzugt werden sie in jenen Bereichen eingesetzt, in denen leistungsstarke und eine kleine Bauform aufweisende Lasersysteme erwünscht sind. Bspw. werden derartige monochromatische Lichtquellen zur Materialbearbeitung, vorzugsweise zur Oberflächenmaterialbearbeitung, wie Materialabtrag, Materialveränderung oder Oberflächenveredelung eingesetzt.

### **Darstellung der Erfindung**

Es besteht daher die Aufgabe, einen diodengepumpten Festkörperlaser anzugeben, der lediglich unter Maßgabe einer möglichst hohen Lichtleistung konzipiert ist und als kostengünstiges Festkörperlaser-System angeboten werden kann. Insbesondere gilt es für verschiedene Arten der Materialbearbeitung sowie auch in Fällen

medizinischer Applikationen ein diodengepumptes Festkörperlaser-System anzugeben, das über eine möglichst hohe Ausgangsleistung verfügt, jedoch keine allzu gute Strahlqualität aufweisen muss.

Die Lösung der der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe ist im Patentanspruch 1 angegeben. Vorteilhafte Merkmale sind Gegenstand der Unteransprüche.

Erfindungsgemäß zeichnet sich ein diodengepumpter Festkörperlaser mit einem intrakavitär angeordneten Laserkristall, vorzugsweise ein Neodym-Vanadat-Laserkristall ( $\text{Nd:YVO}_4$ ), mit wenigstens einer optischen Achse, längs der ein von der Pumplichtquelle emittierter Pumplichtstrahl in den Laserkristall einfällt, dadurch aus, dass der Pumplichtstrahl einen Strahldurchmesser aufweist, der wenigstens dem 1,25-Fachen des Strahlquerschnittes eines sich innerhalb des Resonators ausbildenden Laserstrahls mit der Schwingungsmode  $\text{TEM}_{00}$  entspricht.

In Abkehr von vergleichbaren diodengepumpten Festkörperlaser-Systemen, deren Pumplicht aus Gründen einer möglichst hohen Strahlqualität auf einen möglichst eng taillierten Raumbereich innerhalb des Laserkristalls mit Hilfe einer geeigneten Abbildungsoptik fokussiert wird und dessen laterale zur Strahlrichtung orientierte Fleckgröße innerhalb des Kristalls angepasst ist an den sich intrakavitär ausbildenden Strahlquerschnitt eines  $\text{TEM}_{00}$ -Modes, schlägt das erfindungsgemäße Konzept vor, den innerhalb des Laserkristalls abgebildeten Pumplichtstrahldurchmesser bewusst wesentlich größer zu wählen, als der vorstehend genannte Strahlquerschnitt eines  $\text{TEM}_{00}$ -Modes. Wird nämlich das Verhältnis von Pumplichtstrahldurchmesser im Laserkristall zum  $\text{TEM}_{00}$ -Mode-Durchmesser größer als 1,25, vorzugsweise größer als 1,5, gewählt, so bilden sich zusätzlich zum  $\text{TEM}_{00}$ -Mode moden-höhere Ordnungen aus. Hierbei verschlechtert sich die Strahlqualität jedoch auf Werte  $M^2 \geq 1,8$ , doch kann eine derartige Strahlqualität für eine Vielzahl von technischen sowie auch medizinischen Applikationen durchaus in Kauf genommen werden.

Durch die erfindungsgemäße Maßnahme stellt sich eine ungleich höhere Ausgangsleistung des Laserstrahls ein, als im Falle des Anschwingens lediglich des TEM<sub>00</sub>-Modes. Zwar führt die erfindungsgemäße Maßnahme neben der Leistungssteigerung auch zur Verbreiterung des Austrittsstrahls, doch stellt dies bei einer Vielzahl von Anwendungen, beispielsweise beim Laserbeschriften von technischen Oberflächen, keinen Nachteil, sondern vielmehr eine wünschenswerte Eigenschaft dar, zumal die Beschriftung für das Auge aufgrund der sich größer und breiter darstellenden einzelnen Zeichen und Buchstaben besser sichtbar wird.

Durch den erfindungsgemäß im Strahlquerschnitt größer bemessenen Pumplichtstrahl als der sich innerhalb des Laserkristalls ausbildende TEM<sub>00</sub>-Mode wird überdies der Laserkristall in einem größeren Volumen gleichmäßig durchleuchtet, wodurch sich die in den Laserkristall eingebrachte Verlustwärme gleichmäßiger verteilt und somit zur Reduzierung der thermischen Linsenwirkung und überdies zur Reduzierung der thermisch induzierten Doppelbrechung beiträgt. Somit ist es möglich, diodengepumpte Festkörperlaser mit Laserkristallen auszustatten, die bei den bisher vorherrschenden Leistungsanforderungen aufgrund thermischer Überlastung nicht einsetzbar waren.

Grundsätzlich eignen sich nachfolgende Laserkristallarten für den Einsatz des erfindungsgemäß ausgebildeten diodengepumpten Festkörperlaser:

Nd:YAG, Nd:YVO<sub>4</sub>, Nd:YLF, Nd:GVO<sub>4</sub>, Nd:YPO<sub>4</sub>, Nd:BEL, Nd:YALO, Nd:LSB, Yb:YAG, Yb:FAB, Cr:LiSAF, Cr:LiCAF, Cr:LiSGAF, Cr:YAG, Tm-Ho:YAG, Tm-Ho:YLF, Er:YAG, Er:YLF oder Er:GSGG.

Bezüglich eines technisch realisierbaren Ausführungsbeispiels wird auf die einzige Figur sowie deren Beschreibung verwiesen. In der einzigen Figur ist ein diodengepumpter Festkörperlaser dargestellt, dessen Resonator R (siehe strichlierte Umrandung) durch die Resonator-Endspiegel 1 und 2 begrenzt ist. Innerhalb des Resonators R ist ein akusto-optischer Güteschalter 3 sowie ein zwischen zwei wellenlängenselektiven Spiegeln 4 und 5 angeordneter Laserkristall, vorzugsweise in Form eines Nd:YVO<sub>4</sub>-Kristalls vorgesehen. Der durch die vorstehenden

Komponenten zusammengesetzte optische Resonator R des Festkörperlasers gibt durch die Vorgaben hinsichtlich der Krümmungsradien der Resonator-Endspiegel 1, 2 der optischen Resonatorlänge sowie der intrakavitären Anordnung des Laserkristalls den sich innerhalb des Laserkristalls ausbildenden  $TEM_{00}$ -Mode und dessen Strahldurchmesser vor. Weitere Einzelheiten hierfür sind in dem Buch von W. Koechner, „Solid State Laser Engineering“, Springer Verlag, 5. Aufl., 1999 auf den Seiten 195 ff. zu entnehmen.

Ferner sieht der in der Figur dargestellte Festkörperlaser zwei optische Pumpanordnungen 7, 8 vor, die derart relativ zum Resonator R angeordnet sind, dass die von den Pumplichtanordnungen 7, 8 austretenden Pumplichtstrahlen den Laserkristall 6 longitudinal pumpen. Stellvertretend für beide Pumplichtanordnungen 7, 8 weist die Pumplichtanordnung 7 eine Diodenlaseranordnung 9 auf, die eine Wellenlänge von 808 nm emittiert, die in die Absorptionsbande des Nd:YVO<sub>4</sub>-Kristalls heineinfällt. Über eine Lichtleitfaseranordnung 10 gelangt das Diodenpumplicht über eine Abbildungsoptik 11 längs in den Laserkristall 6. Die Abbildungsoptik 11 verfügt über optische Komponenten f1 und f2, durch die ein gewünschter Pumplichtstrahldurchmesser innerhalb des Laserkristalls vorgebbar ist. Je nach Brennweiten der optischen Komponenten f1 und f2 sowie deren gegenseitige geometrische Positionierung ist es möglich, den Pumplichtstrahl im Strahldurchmesser größer innerhalb des Laserkristalls 6 abzubilden, als der Strahldurchmesser des  $TEM_{00}$ -Modes. Somit werden gezielt höhere Moden  $TEM_{01}$ ,  $TEM_{10}$ ,  $TEM_{11}$  etc. angeregt, die überdies verglichen zum  $TEM_{00}$ -Mode einen größeren Strahldurchmesser aufweisen.

Durch die in vorteilhafter Weise doppelte Anordnung der Pumplichtanordnungen 7, 8 zu beiden Seiten des Laserkristalls 6 kann die Pumpeffizienz innerhalb des Laserkristalls 6 erheblich gesteigert werden, wodurch auch die Ausgangsleistung des Festkörperlasers entsprechend erhöht wird.

In vorteilhafter Weise ist der optische Resonator als asymmetrischer Resonator ausgebildet, beispielsweise in Form eines konvex-planen, konvex-konkaven oder

konvex-konvexen Resonatoraufbaus. Das konkrete Resonatordesign erfolgt in Abstimmung mit der sich durch die Erwärmung innerhalb des Laserkristalls ausbildenden thermischen Linsenwirkung mit der Massgabe eines stabilen Schwingungsverhaltens.

Das erfindungsgemäße diodengepumpte Festkörperlaser-System eignet sich grundsätzlich für eine Vielzahl unterschiedlicher technischer Anwendungsgebiete, bevorzugt werden sie in jenen Bereichen eingesetzt, in denen leistungsstarke und eine kleine Bauform aufweisende Lasersysteme erwünscht sind. Beispielsweise werden derartige monochromatische Lichtquellen zur Materialbearbeitung, vorzugsweise zur Oberflächenmaterialbearbeitung wie Materialabtrag, Materialveränderung oder Oberflächenveredelung eingesetzt. Auch sind Anwendungen für eine Materialbearbeitung innerhalb eines Materialvolumens denkbar, bei denen der Laserstrahl auf innerhalb eines Materialkörpers befindliche Volumenbereiche fokussiert wird, in denen aufgrund der lokalen Intensitätsüberhöhung Schmelzprozesse auftreten, die bspw. zu inneren Materialrissbildungen führen.



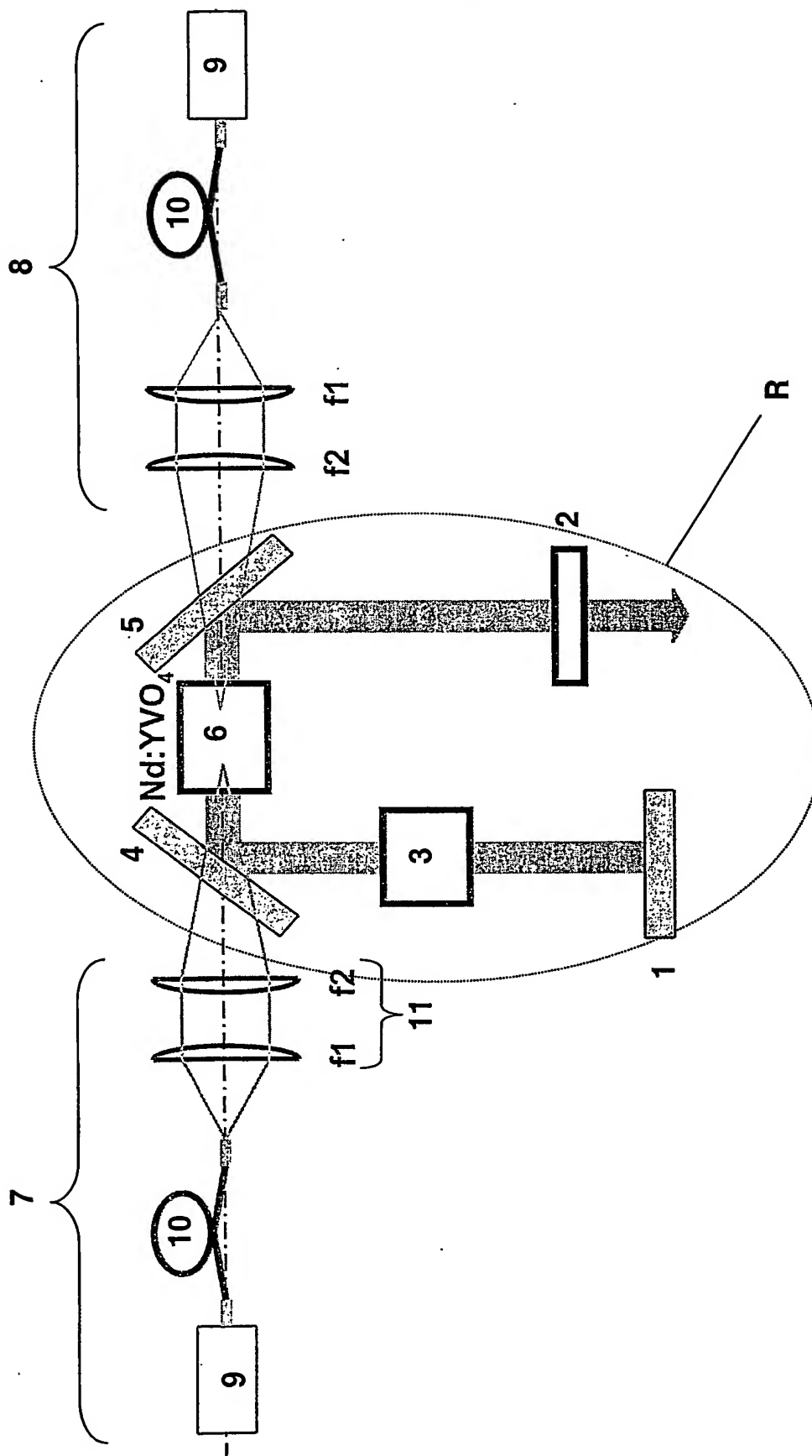
**Bezugszeichenliste**

- 1,2    Resonator-Endspiegel
- 3      Akustoptischer Güteschalter
- 4,5    Intrakavitäre teildurchlässige Spiegel
- 6      Laserkristall
- 7,8    Optische Pumplichtanordnung
- 9      Diodenlaser
- 10     Glasfaseranordnung
- 11     Optisches Abbildungssystem
- R      Resonator

## Patentansprüche

1. Diodengepumpter Festkörperlaser mit wenigstens einem intrakavitär angeordneten Laserkristall (6) der wenigstens eine optische Achse aufweist, längs der wenigstens ein von wenigstens einer Pumplichtquelle (7, 8) emittierter Pumplichtstrahl in den Laserkristall (6) einfällt, dadurch **gekennzeichnet**, dass der Pumplichtstrahl einen Strahldurchmesser aufweist, der wenigstens dem 1,25-fachen des Strahlquerschnitts eines sich innerhalb des Resonators (R) ausbildenden Laserstrahls mit der Schwingungsmode TEM<sub>00</sub> entspricht.
2. Diodengepumpter Festkörperlaser nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass der austretende Laserstrahl über eine Strahlqualität von  $M^2 \geq 1,8$  verfügt.
3. Diodengepumpter Festkörperlaser nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, dass der TEM<sub>00</sub>-Mode-Strahldurchmesser definiert ist durch die Spiegelradien der Resonatorendspiegel (1, 2), die Resonatorlänge sowie die intrakavitäre Anordnung des Laserkristalls (6), und dass der Strahldurchmesser des Pumplichtstrahls durch eine Abbildungsoptik (11) einstellbar ist.
4. Diodengepumpter Festkörperlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch **gekennzeichnet**, dass ein intrakavitärer Güteschalter (3) in Form eines akustooptischen oder elektrooptischen Q-Switch-Schalters vorgesehen ist.
5. Diodengepumpter Festkörperlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch **gekennzeichnet**, dass der asymmetrische optische Resonator (R) einen konvex-planen, konvex-konkaven oder konvex-konvexen Resonatoraufbau aufweist.

6. Diodengepumpter Festkörperlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch **gekennzeichnet**, dass der Laserkristall (6) mit einem oder mehreren der folgenden Dotierstoffen dotiert ist: Nd, Yb, Cr, Tm, Ho oder Er.
7. Diodengepumpter Festkörperlaser nach Anspruch 6, dadurch **gekennzeichnet**, dass der Laserkristall aus folgenden dotierten Kristallen besteht: Nd:YAG, Nd:YVO<sub>4</sub>, Nd:YLF, Nd:GVO<sub>4</sub>, Nd:YPO<sub>4</sub>, Nd:BEL, Nd:YALO, Nd:LSB, Yb:YAG, Yb:FAB, Cr:LiSAF, Cr:LiCAF, Cr:LiSGAF, Cr:YAG, Tm-Ho:YAG, Tm-Ho:YLF, Er:YAG, Er:YLF oder Er:GSGG.
8. Diodengepumpter Festkörperlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch **gekennzeichnet**, dass der wenigstens eine Pumplichtstrahl eine Leistung von wenigstens 5 Watt, vorzugsweise zwischen 10 und 60 Watt aufweist.
9. Verwendung des diodengepumpten Festkörperlasers nach einem der Ansprüche 1 bis 7 zur Materialbearbeitung, vorzugsweise zur Oberflächenbearbeitung, wie Oberflächenmaterialabtrag, Oberflächenveränderung, Sintern, Aufschmelzen, oder vorzugsweise zur Volumenmaterialbearbeitung, wie gezielte Materialrissbildung.



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 03/10056

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H01S3/0941

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, IBM-TDB, INSPEC, COMPENDEX

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CHEN Y-F ET AL: "EFFICIENT HIGH-POWER DIODE-END-PUMPED TEMOO ND:YVO4 LASER WITH A PLANAR CAVITY" OPTICS LETTERS, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, US, vol. 25, no. 14, 15 July 2000 (2000-07-15), pages 1016-1018, XP000968579 ISSN: 0146-9592 the whole document --- -/--	1, 3, 4, 6-9

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 November 2003

Date of mailing of the international search report

03/12/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Laenen, R

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 03/10056

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	HONEA E C ET AL: "183-W, M2 = 2.4 YB:YAG Q-SWITCHED LASER" OPTICS LETTERS, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, US, vol. 24, no. 3, 1 February 1999 (1999-02-01), pages 154-156, XP000803123 ISSN: 0146-9592 the whole document ----	1,2,4-9
X	CHEN Y F ET AL: "EFFICIENT HIGH-POWER DIODE-END-PUMPED TEMOO ND:YVO4 LASER" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 11, no. 10, October 1999 (1999-10), pages 1241-1243, XP000880905 ISSN: 1041-1135 the whole document ----	1,3-9
X	SENNAROGLU A: "Efficient continuous-wave operation of a diode-pumped Nd:YVO4 laser at 1342 nm" OPTICS COMMUNICATIONS, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, vol. 164, no. 4-6, 15 June 1999 (1999-06-15), pages 191-197, XP004169959 ISSN: 0030-4018 the whole document ----	1-3,5-9
X	HONEA E C ET AL: "115-W TM: YAG DIODE-PUMPED SOLID-STATE LASER" IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 33, no. 9, 1 September 1997 (1997-09-01), pages 1592-1600, XP000698863 ISSN: 0018-9197 the whole document ----	1,2,5,6,8,9
X	US 5 651 020 A (NIGHAN JR WILLIAM L ET AL) 22 July 1997 (1997-07-22) the whole document -----	1,3-9

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/10056

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5651020	A	22-07-1997	US 5412683 A	02-05-1995
			DE 19680508 T0	24-07-1997
			EP 0824771 A1	25-02-1998
			GB 2304980 A	26-03-1997
			JP 10502496 T	03-03-1998
			WO 9635246 A1	07-11-1996
			US 5638397 A	10-06-1997
			DE 69531665 D1	09-10-2003
			EP 0742964 A1	20-11-1996
			JP 3073022 B2	07-08-2000
			JP 9508500 T	26-08-1997
			WO 9521478 A1	10-08-1995

# INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT

Internationales Anzeichen

PCT/EP 03/10056

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H01S3/0941

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H01S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, IBM-TDB, INSPEC, COMPENDEX

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	CHEN Y-F ET AL: "EFFICIENT HIGH-POWER DIODE-END-PUMPED TEMOO ND:YVO4 LASER WITH A PLANAR CAVITY" OPTICS LETTERS, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, US, Bd. 25, Nr. 14, 15. Juli 2000 (2000-07-15), Seiten 1016-1018, XP000968579 ISSN: 0146-9592 das ganze Dokument --- -/--	1, 3, 4, 6-9

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

25. November 2003

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

03/12/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Laenen, R



C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>HONEA E C ET AL: "183-W, M2 = 2.4 YB:YAG Q-SWITCHED LASER"</p> <p>OPTICS LETTERS, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, US, Bd. 24, Nr. 3, 1. Februar 1999 (1999-02-01), Seiten 154-156, XP000803123 ISSN: 0146-9592 das ganze Dokument</p> <p>---</p>	1,2,4-9
X	<p>CHEN Y F ET AL: "EFFICIENT HIGH-POWER DIODE-END-PUMPED TEMOO ND:YVO4 LASER"</p> <p>IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, IEEE INC. NEW YORK, US, Bd. 11, Nr. 10, Oktober 1999 (1999-10), Seiten 1241-1243, XP000880905 ISSN: 1041-1135 das ganze Dokument</p> <p>---</p>	1,3-9
X	<p>SENNAROGLU A: "Efficient continuous-wave operation of a diode-pumped Nd:YVO4 laser at 1342 nm"</p> <p>OPTICS COMMUNICATIONS, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, Bd. 164, Nr. 4-6, 15. Juni 1999 (1999-06-15), Seiten 191-197, XP004169959 ISSN: 0030-4018 das ganze Dokument</p> <p>---</p>	1-3,5-9
X	<p>HONEA E C ET AL: "115-W TM: YAG DIODE-PUMPED SOLID-STATE LASER"</p> <p>IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, IEEE INC. NEW YORK, US, Bd. 33, Nr. 9, 1. September 1997 (1997-09-01), Seiten 1592-1600, XP000698863 ISSN: 0018-9197 das ganze Dokument</p> <p>---</p>	1,2,5,6,8,9
X	<p>US 5 651 020 A (NIGHAN JR WILLIAM L ET AL) 22. Juli 1997 (1997-07-22) das ganze Dokument</p> <p>-----</p>	1,3-9

# INTERNATIONALER RESEARCHBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Abzeichen

PCT/EP 03/10056

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
US 5651020	A	22-07-1997	US 5412683 A	02-05-1995
			DE 19680508 T0	24-07-1997
			EP 0824771 A1	25-02-1998
			GB 2304980 A	26-03-1997
			JP 10502496 T	03-03-1998
			WO 9635246 A1	07-11-1996
			US 5638397 A	10-06-1997
			DE 69531665 D1	09-10-2003
			EP 0742964 A1	20-11-1996
			JP 3073022 B2	07-08-2000
			JP 9508500 T	26-08-1997
			WO 9521478 A1	10-08-1995